Aus der Neurologischen Klinik der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. G. S c h a l t e n b r a n d

MESSUNGEN ÜBER TEMPERATURBEDINGTE SCHWELLENWERTS-ÄNDERUNGEN DES VIBRATIONSEMPFINDENS BEI GESUNDEN VERSUCHSPERSONEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius - Maximilians - Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Wilhelm N i c o l a u s
aus Loslau

Würzburg 1955

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543524_0108

Aus der Neurologischen Klinik der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. G. S c h a l t e n b r a n d

MESSUNGEN ÜBER TEMPERATURBEDINGTE SCHWELLENWERTS-ÄNDERUNGEN DES VIBRATIONSEMPFINDENS BEI GESUNDEN VERSUCHSPERSONEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius - Maximilians - Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Wilhelm N i c o l a u s
aus Loslau

Würzburg 1955

Referent: Professor Dr. med. Georges Schaltenbrand

Tag der mündl. Prüfung:

3. Okt. 1955

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

In Dankbarkeit meinen lieben Eltern gewidmet.

Inhaltsübersicht

		Seite
I.	Die Vibrationsempfindung in der Literatur	1
	a) Definition	1
	b) Theorien über perzipierende Organe Knochen, die Zelle allgemein, spezifische Organe, Muskeln und Sehnen, Hautdrucksinn	1
II.	Temperaturabhängigkeit des Vibrationsempfindens in der Literatur	3
III.	Versuchsanordnung	4
	a) Gerät	4
	b) die sechs Versuchspersonen	6
	c) Durchführung der Versuche	7
IV.	Versuchsergebnisse, Kurven	9
V.	Kritik	14
VI.	Zusammenfassung	15
VII.	Literaturzusammenstellung	17

I. Die Vibrationsempfindung in der Literatur

a) Definition

Wir finden in der Literatur seit dem Ende des letzten Jahrhunderts zahlreiche Abhandlungen und Dissertationen, die das Thema der "Vibration" zum Inhalt haben. Das Wesen der Vibrationsempfindung finden wir wohl am besten in der Definition F. Kramer, Breslau, 1937, umrissen:
"Unter der Vibrationsempfindung verstehen wir die Fähigkeit, intermittierende Druckreize als solche wahrzunehmen und von kontinuierlichen Reizen zu unterscheiden."

b) Theorien über perzipierende Organe

Über die für das Vibrationsempfinden verantwortlich zu machenden Organe konnte bis jetzt noch keine Einigung erzielt werden, da die einzelnen Autoren verschiedener Ansichten sind.

Die folgende Übersicht soll einen kurzen Überblick über die wichtigsten Theorien vermitteln.

1.) Von Egger und Dejerine wurde 1899 die Vibrationsempfindung als "spezifische Knochenempfindung" angesehen, für die lediglich die Gelenkbänder und Kapseln sowie das Periost verantwortlich zu machen seien.

2.) Seiffer und Rydel sind 1903 zunächst der Ansicht, daß die Vibration von der Knochensensibilität übernommen werde, und beschreiben bei verschiedenen Erkrankungen eine "Osteohypaesthesie", worunter die gegenüber dem Gesunden herabgesetzte Vibrationsempfindung verstanden wird.- Nach Durchführung langer Versuche an Gesunden und an Nervenkranken kommen sie jedoch zu der Überzeugung, daß die Vibrationsempfindung keine reine Knochenleistung sei, sondern daß sie wohl der Tiefensensibilität beigeordnet werden müsse. Ferner nehmen sie an, daß auch nicht die Haut, sondern die tiefer gelegenen Gewebe für die Vibrationsempfindung verantwortlich zu machen seien.

3.) Goldscheider nimmt im Jahre 1904 für das Vibrationsgefühl keine spezifische Empfindung an, sondern er ordnet es den Hautdrucknerven und den tiefensensiblen Nerven zu.

4.) Daß die Vibrationsempfindung jedoch vom Knochen und nicht von Hautnerven übernommen wird, glaubt Fröschel 1911 durch die Beobachtung festgestellt zu haben, daß bei Otosklerose-Patienten eine Vibration im Gehörgang nicht mehr empfunden wurde.

5.) Von K. Mendel wird 1913 die Vibrationsempfindung der Mechano-Sensibilität des Knochens und des Periosts zugeschrieben.

6.) Von Coleman Warren wird 1939 gezeigt, daß überall im ganzen Tierreich Schwingungen wahrgenommen werden. Beim Menschen seien dafür weder der Druck- noch der Tastsinn verantwortlich zu machen. Er nimmt an, daß überhaupt keine spezifischen Organe vorhanden seien, sondern daß die Zelle bereits als solche zu dieser Leistung befähigt sei.

7.) Ein spezifischer Vibrationssinn wird 1927 von D. Katz und Nold angenommen, da Bewegungen von weniger als ein Mikron nicht mehr taktil -also durch den Drucksinn - empfunden werden könnten.

8.) Von Francis, Fessard und Echlin wird 1927 dem Knochen lediglich die Weiterleitung der Schwingungen auf Muskeln und Sehnen zuerkannt. "Die sensoriellen Entladungen kommen aus Spannungsrezeptoren der Muskeln und Sehnen."

9.) Von Treitel wird 1897 die Ansicht vertreten, daß eine Verwandschaft bestünde zwischen dem Vibrationsgefühl und dem durch intermittierende Druckschwankungen hervorgerufenen Empfindungen des Drucksinnes. Er schließt aus der Tatsache, daß die Vibration auch an den Lippen und an den Wangen wahrgenommen würde, daß es sich hierbei nicht um eine reine Knochensensibilität handeln könne.

10.) Die Rolle eines Überträgers der Schwingungen auf weitere Hautgebiete wird von Stein und von Weizsäcker 1926 behauptet, die die Vibrationsempfindung als Teilfunktion der Hautrezeptoren ansehen.

11.) v. Frey macht 1928/29 für die Vibrationsempfindung allein die Rezeptoren des Drucksinnes verantwortlich. Er zeigt, daß bei vibratorischer Erregung der Drucksinn die Fähigkeit der Fernlokalisation gewinnt und daß bei Einwirkung zweier vibratorischer Reize Beeinflussungen beobachtet werden, die ganz den vom Drucksinn schon seit längerer Zeit bekannten Erscheinungen der gegenseitigen Verstärkung, Abstumpfung und Verdeckung entsprechen.

II. Temperaturabhängigkeit des Vibrationsempfindens in der Literatur

Weitz führte in Charlottesville, Virginia (1941) an acht Personen Versuche über die Empfindlichkeit der Haut gegenüber Vibrationsstößen bei Erwärmung und Abkühlung durch.

Die Apparatur bestand in einer schwingenden Nadel, die mit einem elektro-magnetischen Lautsprecher in Verbindung stand, gemessen wurde mit Frequenzen von 256 Hz und 900 Hz, letztere Frequenz wurde durch einen Verstärker erzielt. Die Erwärmung einer 50 - 75 qcm großen Fläche des Unterarmes erfolgte thermo-elektrisch, die Abkühlung durch einen mit Eiswasser gefüllten Zylinder. Mit ansteigender Hauttemperatur - maximal um 3 Grad - wurde ein Sinken und durch Abkühlung um 4,5 bis 13 Grad Celsius ein ununterbrochenes Ansteigen des Vibrationsschwellenwertes gefunden. Eine Abhängigkeit von der Reizfrequenz fand sich nicht. Es wurden hier chemische Vorgänge in den sensiblen Rezeptoren für diese Erscheinungen verantwortlich gemacht.

Elektrophysiologische Versuchsergebnisse (Hensel, Heidelberg) über die Aktionsstromanalyse sensibler Hautnerven von kalt- und warmblütigen Tieren wurden als mit den Beobachtungen am Menschen weitgehend übereinstimmend gefunden. Die für Temperaturänderungen außerordentlich sensiblen Rezeptoren reagierten bei Abkühlung mit einer Steigerung und bei Erwärmung

mit einer Verlangsamung der Frequenz. Abkühlung der Zunge mit Menthol-Konzentrationen führte bereits bei 25° zu einer Dauerentladung der Kaltrezeptoren. Gleichzeitig mit der Kältehypästhesie trat auch eine Hypästhesie aller anderen Rezeptoren ein, vor allem der Druck- und Berührungsrezeptoren.

III. Versuchsanordnung

a) Gerät

Die bisher durchgeführten Experimente wurden meistens mit Stimmgabeln vorgenommen, mit welchen jedoch keine exakten Ergebnisse zu erzielen sind, da die Amplitudengröße nicht für eine bestimmte Zeit konstant gehalten werden kann. Letzteres ist aber für die Prüfung des Vibrationsempfindens von größter Bedeutung.

Schon 1926 wird die Stimmgabel von Stein und von Weizsäcker als für topographische Untersuchungen völlig ungeeignet abgelehnt.

So ist nun bereits seit längerer Zeit die Schaffung eines für den Klinikgebrauch geeigneten Gerätes zur genauen Schwellenwertbestimmung des Vibrationsempfindens erforderlich gewesen.

Es wurden zwar schon verschiedene Geräte konstruiert, doch konnten damit bisher noch keine eindeutigen Ergebnisse über die Empfindungsbreite beim gesunden Menschen erzielt werden. Außerdem ist deren Bedienung recht schwierig und umständlich, so daß sie für den Klinikgebrauch kaum in Frage kommen. Es sei in diesem Zusammenhang auf den von Henri Piéron konstruierten Oszillator hingewiesen, der die Intensität in Relationen zur Frequenz stellte.

Herr Prof. Dr. Schaltenbrand hat in Zusammenarbeit mit der Fa. Gerhard Siegel, Ulm/Donau, ein Gerät entwickelt, das durch elektrische Energie eine Vibration erzeugt, die nach Frequenz und Intensität unabhängig voneinander moduliert werden kann. Dieses Gerät hat einen Frequenzbereich von 7 - 4000 Hz und

7 Schwingungskreise, deren einzelne Bereiche sich überschneiden. Jeder einzelne Schwingungskreis ist durch einen Drehkondensator noch in sich verstimmbar. Es lassen sich in den einzelnen Kreisen folgende Frequenzen erzeugen:

I.	Schwingungskreise	7 - 25 Hz
II.	"	25 - 50 Hz
III.	"	50 - 240 Hz
IV.	"	150 - 550 Hz
V.	"	200 - 1000 Hz
VI.	"	600 - 2500 Hz
VII.	"	1500 - 4400 Hz

Die einzelnen Schwingungskreise werden an einem dafür vorgesehenen Drehknopf eingestellt. Die Feineinstellung der Frequenz erfolgt durch einen mit einer Skala versehenen Drehkondensator in der Mitte des Gerätes. Ein Potentiometer regelt die Abgabe der Energie. Durch den an der linken Seite angebrachten Drehknopf mit einer Skaleneinteilung von 10 - 100 kann die Amplitudengröße der einzelnen Schwingungskreise von unter 1 Mikron bis 140 Mikron variiert werden. Die somit ansteigende Energieerzeugung erfolgt hierbei nicht linear, sondern logarythmisch. In dieser Anordnung wird somit dem Fechner'schen Gesetz Rechnung getragen.

Die Übertragung der Frequenz- und der Intensitätswerte erfolgt auf einen Schwingungsknopf, der sich an der Spitze des gut gepolsterten Handstückes befindet. Da sich die Energieabgabe von der als störend empfundenen Schallabgabe kaum trennen läßt, hat sich eine gute Isolierung des Handstückes als notwendig erwiesen. Um eine immerhin mögliche Beeinflussung durch die noch vorhandene geringe Schallerzeugung des Vibrators auszuschließen, wurden den zu Untersuchenden die Gehörgänge mit Ohropax verschlossen.

Durch Einstellung des mittleren Drehknopfes auf die Skaleneinteilung 5 wurden alle Messungen in der mittleren Frequenzhöhe eines jeden Schwingungskreises durchgeführt. Bei dieser Kondensatoreinstellung treten in keinem Meßbereich Eigen-

schwingungen des Gerätes auf, die sich in den bei den vorliegenden Versuchen gemiedenen Bereichen durch Intensivierung der abgegebenen Energie (Vibration) anzeigten. Die Messungen wurden mit folgenden Frequenzwerten durchgeführt:

I.	18 Hz	IV.	350 Hz
II.	50 Hz	V.	600 Hz
III.	150 Hz	VI.	1500 Hz

Nach halbstündigem Warmlaufen des Gerätes war der Vibratorknopf auf die zu untersuchenden Stellen unter möglichst gleichbleibender geringer Eigenbelastung aufzusetzen, und so wurden die Schwellenwerte in den einzelnen Schwingungskreisen bestimmt. Um eine mögliche Adaptation zu vermeiden, wurde der Vibratorknopf nach jeder Messung abgehoben. Sobald die Versuchsperson eindeutige Vibration - d.h. also intermittierende Reize - verspürte, zeigte sie dieses durch Aussprechen des Wortes "jetzt" an. Um suggestive Beeinflussung möglichst ausschalten und erkennen zu können, wurde ohne vorherige Ankündigung der Vibratorknopf im Leerversuch aufgesetzt, was aber jedesmal von der Versuchsperson sofort richtig erkannt wurde. Es wurden ferner ständig Kontrolluntersuchungen vorgenommen, um möglichst genaue Zahlenwerte zu erhalten.

b) Die Versuchspersonen

Die Untersuchungen wurden an 3 männlichen und 3 weiblichen Personen vorgenommen, die völlig gesund waren und auch keine neurologischen Erkrankungen durchgemacht hatten.

Die einzelnen Personen seien hier folgendermaßen charakterisiert:

1.) C. K. eine 25-jährige Studentin von asthenisch-athletischem Körperbau. Gewicht: 61 kg, Größe: 1,69 m. Reagiert schnell und lebhaft bei leicht erregbarem Wesen

2.) M. U. eine 25-jährige Studentin von grazilem Körperbau.
Gewicht: 57 kg, Größe: 1,58 m.
Reagiert schnell, erscheint im Wesen etwas ängstlich und empfindsam.

3.) A. H. eine 25-jährige Studentin von derb-knochigem Körperbau mit geringer Adipositas.
Gewicht: 63 kg, Größe: 1,62 m.
Reagiert schnell und sicher, ist von ruhigem Wesen.

4.) H. M. 26-jähriger Student von athletischem Körperbau mit geringer Adipositas.
Gewicht: 85 kg, Größe: 1,82 m.
Normales Reaktionsvermögen, von ruhigem und überlegtem Wesen.

5.) K. K. 30-jähriger Arzt von asthenischem Körperbau, Kyphoskoliose der Brustwirbelsäule, ohne Fettpolster.
Gewicht: 68 kg, Größe: 1,56 m.
Ruhiges, ernstes Wesen, reagiert bedacht und überlegt.

6.) W. N. 31-jähriger Arzt von pyknisch-athletischem Körperbau mit mässiger Adipositas.
Gewicht: 84 kg, Größe: 1,73 m.
Normales Reaktionsvermögen, von ruhigem und gelassenem Wesen.

c) Versuchsanordnung

Um einen Überblick über die temperaturbedingten Schwellenwertsänderungen an möglichst vielen Punkten des menschlichen Körpers und bei unterschiedlichen anatomischen Gegebenheiten zu bekommen, wurden die folgenden Stellen untersucht:

1) Planta pedis
2) Dorsum pedis
3) Hallux, Grundgelenk
4) Mittelzehe, Kuppe
5) Oberschenkel, Mitte der Streckseite
6) Tibia, Facies anterior
7) Bauch, zwischen Umbo und Prozessus ensiformis

8) Rücken, Th 11 - 12
9) Oberarm, Beugeseite
10) Unterarm, Streckseite
11) Vola manus
12) Dorsum manus
13) Index, apex

Die Abkühlung der zu untersuchenden Punkte erfolgte je nach den anatomischen Bedingungen einerseits durch ein 10 Minuten langes eisgekühltes Wasserbad mit einer Temperatur von + 8° Celsius, andererseits - z.B. Bauch und Rücken - durch Auflegen eines Eisbeutels unter zeitgleicher Einwirkung.

Die Erwärmung derselben Körperstellen wurde entweder durch ein Wasserbad von 35 - 38° Celsius oder durch Auflegen einer Wärmeflasche erreicht.

In direktem Anschluß daran wurden die einzelnen Messungen vorgenommen. Dies geschah in ganz kurzen Zwischenräumen, um die Auswirkungen der Anpassung an die Umweltbedingungen in möglichst geringen Grenzen zu halten. Es herrschte eine durchschnittliche Zimmertemperatur von ca. 20° Celsius.

Im einzelnen gestalteten sich die Versuche folgendermaßen, hier an dem Beispiel der Zeigefingerkuppenmessung dargestellt: Die ganze Hand wurde durch ein 10 Minuten langes Wasserbad von + 8° Celsius abgekühlt, anschließend das Handstück mit dem Vibratorknopf mehrmals in kurzen Intervallen aufgesetzt und nach wiederholten Angaben der einzelnen Versuchspersonen wurden so die Schwellenwerte in den einzelnen Schwingungskreisen festgestellt. Nach Erwärmung der Hand durch ein 10 Minuten langes Wasserbad von 35 - 38° Celsius wurden die Untersuchungen in der angegebenen Weise wiederholt.

IV. Die Versuchsergebnisse

Die in dieser Weise gefundenen Intensitätsschwellenwerte der verschiedenen Frequenzhöhen in den Schwingungskreisen I - VI wurden für die angegebenen Punkte jeder Versuchsperson tabellarisch aufgezeichnet und die jeweiligen Durchschnittswerte graphisch dargestellt.

Der Vergleich der Ergebnisse bei den einzelnen Versuchspersonen zeigt deutliche Unterschiede in der individuellen Empfindlichkeit der einzelnen Versuchspersonen einerseits, andererseits aber auch der verschiedenen geprüften Körperabschnitte, sowie dies in den Dissertationen von Frl. Hanesch, Ulrich und Kraft im einzelnen geschildert werden wird. Wie aus diesen anderen Dissertationen hervorgeht und wie auch schon aus der Literatur bekannt ist, erwies sich der Index als der empfindlichste Körperabschnitt mit dem niedrigsten Schwellenwert, während die Rückenhaut die geringste Empfindlichkeit zeigte. Die individuellen Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen waren sehr erheblich, besonders bei den weiblichen Versuchspersonen. Es bestand aber bei nahezu allen untersuchten Punkten ein wesentlicher Unterschied in der Empfindlichkeit bei kalter und bei warmer Temperatur.

Verwertbare Ergebnisse wurden in den Schwingungskreisen I - V erzielt, also in Bereichen von 18 - 600 Hz. Nach der Kälteeinwirkung war das Vibrationsempfinden merklich herabgesetzt, die Reizschwelle mithin erhöht; die gefundenen Werte lagen fast immer an der oberen Grenze des überhaupt messbaren. Die Kältekurven bewegen sich durchweg parallel in den oberen Intensitätsbreiten der angegebenen Schwingungskreise, zeitweilig überhaupt nur bis zum IV. Schwingungskreis reichend.

Die Latenzzeit zwischen Aufsetzen des Vibratorknopfes und der Vibrationswahrnehmung fand sich relativ lang gegenüber den Normalwerten. Einige Sekunden später kehrte die Latenzzeit langsam an die Grenzen der Normalwerte zurück.

Nach Erwärmung fanden sich die Schwellenwerte der

Vibrationsempfindung fast bei allen Punkten durchweg tiefer liegend, wie aus der tabellarischen Übersicht hervorgeht. Der allgemeine Verlauf dieser Wärmekurve ist im Gegensatz zu den Kältekurven den unter normalen Temperaturbedingungen gefundenen Werten sehr ähnlich, d.h. teilweiser Schwellenanstieg im III. Schwingungskreis, Absinken im IV. und steiler Anstieg im V. Schwingungskreis. Die im VI. Schwingungskreis gemachten Angaben waren sehr unterschiedlich und unsicher.

Die größte gemessene Differenz und damit die für Temperatureinflüsse empfindlichste Körperstelle wurde an der Spitze des Zeigefingers gefunden.

Keine Beeinflussung durch Temperatureinwirkungen wurde an der Tibia festgestellt. Nur geringe Schwellenwerterniedrigung fanden wir an der Bauch- und Rückenhaut. Weil es uns unwesentlich erscheint, jede Versuchsperson mit allen individuellen Variationen abzubilden, haben wir uns darauf beschränkt, die Mittelwerte aus allen Versuchen zu errechnen.

Jede einzelne in der Abb. 1 aufgezeichnete Säule repräsentiert das Mittel von zumindest 24 durchgeführten Kontrollmessungen, wobei die Untersuchungen an den Extremitäten, sowohl rechts als auch links, sämtlicher Versuchspersonen verwertet wurden. Eine über das normale Maß hinausgehende Schwankungsbreite zwischen rechts und links konnte hierbei nicht festgestellt werden. Die durchschnittlichen Intensitätsschwankungen hielten sich in den Grenzen von 5 - 10 Intensitätseinheiten.

Die bei den anderen gemessenen Punkten langsam zunehmenden Unterschiede der temperaturbedingten Schwellenwertsänderung lassen sich aus der folgenden tabellarischen Übersicht erkennen.

Die Ordinate zeigt die Intensitätswerte, auf der Abscisse sind die einzelnen Untersuchungspunkte nummerisch und direkt bezeichnet. Die schwarzen Säulen stellen die nach Abkühlung, die gestrichelten Säulen die nach Erwärmung gefundenen Schwellenwerte dar. Der schraffierte Teil macht die steigenden Schwellenwertsdifferenzen deutlich, wobei die Anordnung der Säulen eben nach dieser Zunahme getroffen wurde.

Es ist hieraus klar zu ersehen, daß sich die markantesten und damit empfindlichsten Punkte für das Vibrationsempfinden in der Peripherie des Körpers befinden, mit einem Maximum an der Spitze des Zeigefingers.

Demnach besteht hier eine direkte Korrelation zwischen der Vibrationsempfindung überhaupt und der anatomisch objektivierbaren Anzahl der Sinnespunkte. Da die zuverlässigsten Ergebnisse aller Versuchspersonen bei einer Frequenzhöhe von 18 - 50 Hz, also im I. und II. Schwingungskreis erfolgten, sind in dieser Übersicht die Ergebnisse der Messungen des I. Schwingungskreises wiedergegeben, der sich zusammen mit dem II. Schwingungskreis und den schon erwähnten dazugehörigen Frequenzen am besten für die Prüfung des Vibrationsempfindens eignet.

Die folgenden Kurven (Abb. 2) veranschaulichen die Schwellenwertsänderungen nunmehr im I. bis IV. Schwingungskreis, also im Frequenzbereich bis zu 550 Hz. Auch in dieser Kurve ist jeder Punkt das Mittel aus den 24 Einzelmessungen bei allen 6 Versuchspersonen. Während an der Tibia praktisch die gleichen Werte gemessen wurden, eine temperaturbedingte Beeinflussung hier also nicht stattfand, bleibt die Schwellenwertsdifferenz (gestrichelte Fläche) im extremen Bereich der Zeigefingerkuppe durch den gesamten Frequenzbereich hindurch in nahezu der gleichen Größe erhalten.

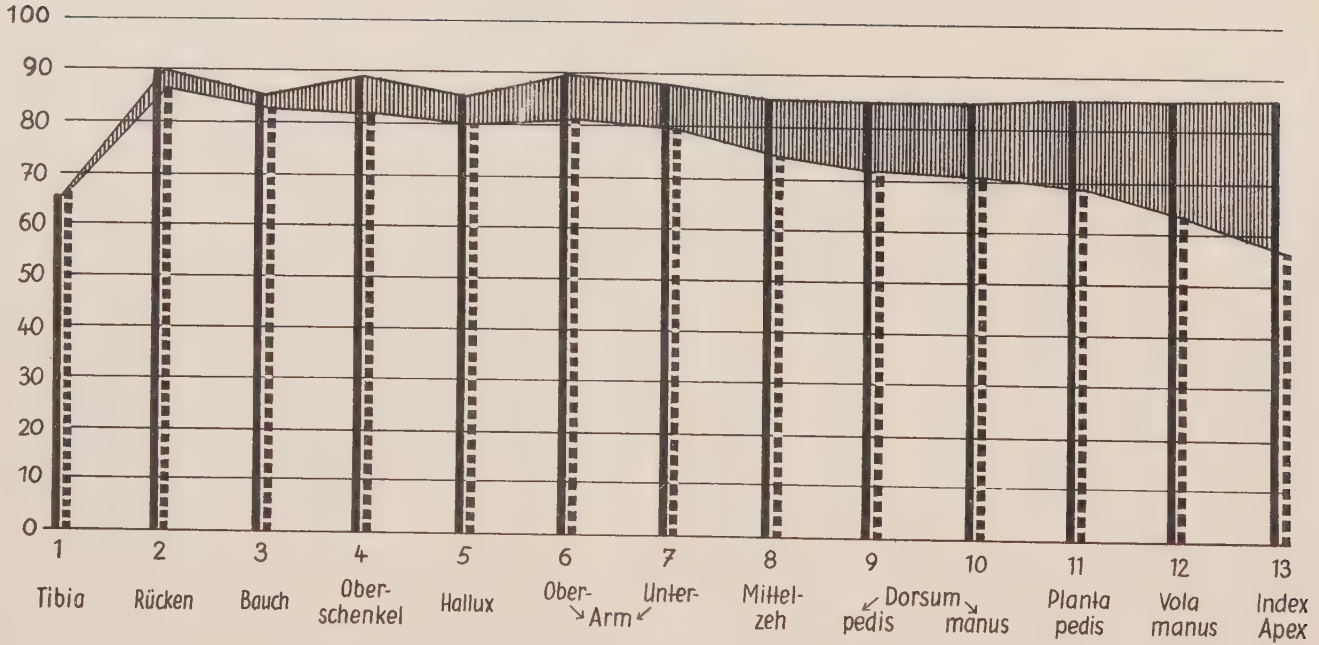
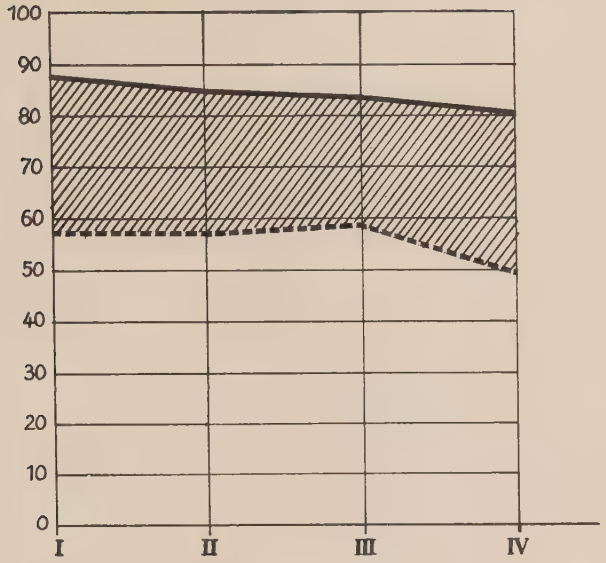

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1 Tibia
2 Rücken
3 Bauch
4 Ober-schenkel
5 Hallux
6 Ober-Arm
7 Unter-
8 Mittel-zeh
9 Dorsum pedis
10 manus
11 Planta pedis
12 Vola manus
13 Index Apex

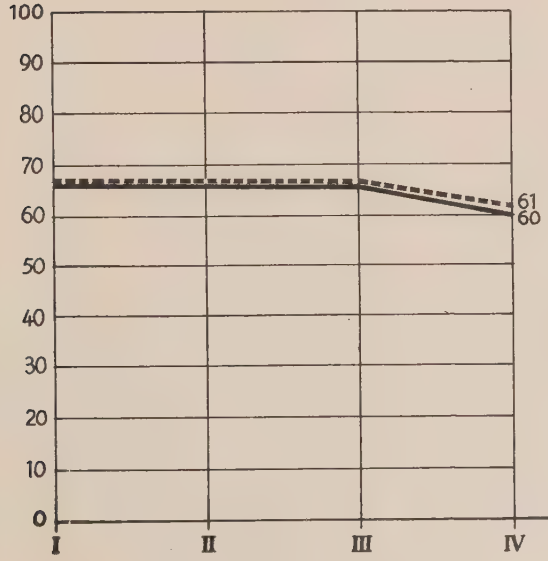
Abb. 1

INDEX, APEX



Schwingungskreise

TIBIA, MITTE



Schwingungskreise

V. Kritik

Wie bei allen Untersuchungen der Sensibilitätsqualitäten ist man auch bei den Schwellenwertsbestimmungen der Vibrationsempfindung auf die subjektiven Angaben der Versuchspersonen angewiesen, was bereits physiologischer- und individuellerweise eine gewisse Fehlerbreite einschließt. Voraussetzungen für möglichst eindeutige Ergebnisse sind vor allem gleichbleibende Umweltbedingungen, ausgeruhter Zustand, gutes Konzentrationsvermögen und entsprechende Aufmerksamkeit der zu Untersuchenden. Eventuelle funktionelle Angaben, wie sie bei suggestiblen Menschen beobachtet werden, konnten durch das mehrfache Einschalten von Leerversuchen bei allen Versuchspersonen ausgeschlossen und so eine weitere Fehlerquelle vermieden werden. Die bei dem hier verwendeten Gerät im IV. Schwingungskreis, also bei einer Frequenz von 350 Hz auftretende, bei allen Untersuchungsergebnissen gefundene stärkste Schwellenwertserniedrigung dürfte lediglich diesem Gerät eigen sein und ist wohl auf Resonanzerscheinungen zurückzuführen. Da dieses Verhalten jedoch stets gleichmässig zu beobachten war, ist es nicht als funktionsbeeinträchtigende Fehlerquelle zu bezeichnen.

Bei den durchgeführten Untersuchungen über temperaturabhängige Schwellenwertsänderungen erfolgte die Abkühlung der zu untersuchenden 13 Punkte des menschlichen Körpers durch kalte Bäder oder Eisbeutel und die Erwärmung durch warme Bäder oder Auflegen einer Wärmflasche. Die Messungen wurden in 5 verschiedenen Frequenzhöhen mit jeweiliger Steigerung der Intensität durchgeführt.

Die gefundenen Untersuchungsergebnisse zeigen eindeutig, daß nach Kälteeinflüssen eine höhere Schwellennivellierung der Vibrationsempfindung stattfindet, die Reizschwelle steigt dabei nach der Peripherie des menschlichen Körpers zu an und erreicht ihr Maximum an der Spitze des Zeigefingers.

Erwärmung der untersuchten Körperstellen führte zur Schwellenherabsetzung, wobei wiederum das Maximum an der Zeige-

fingerspitze lag. Die gefundenen Werte ähneln weitgehend denen, die unter normalen Untersuchungsbedingungen in der warmen Jahreszeit gemessen werden.

Somit fand die von Herrn Prof. Dr. Schaltenbrand gemachte Erfahrung, daß die Patienten im Winter ein erheblich schlechteres Vibrationsempfinden haben als im Sommer, seine experimentelle Bestätigung.

Da es im Rahmen der bisherigen klinischen Untersuchungsmethoden an einem entsprechenden Gerät fehlte, kann die bestandene Lücke der präzisen Sensibilitätsuntersuchungen durch das Schaltenbrand'sche Vibrometer geschlossen werden, das es gestattet, die Vibrationsempfindung in einfacher Weise zu bestimmen. Es ist damit die Möglichkeit gegeben, verschiedene neurologische Erkrankungen mit geringer initialer Symptomatik, z.B. die multiple Sklerose, frühzeitig zu erkennen.

Dabei ist es, wie die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, von größter Bedeutung, diese Sensibilitätsprüfungen bei einem gut ausgeruhten und vor allem gut durchwärmten Patienten unter Berücksichtigung der herrschenden Temperatur vorzunehmen, da sonst unter Umständen noch normale Reizschwellenwerte bereits als pathologisch angesehen werden könnten.

VI. Zusammenfassung

Unter der Vibrationsempfindung (Pallaesthesie) ist das Wahrnehmen intermittierender Druckreize zu verstehen, im Unterschied zu dem Erkennungsvermögen einfacher und kontinuierlicher Reize. Dabei ist die Frage nach den perzipierenden Organen noch nicht eindeutig geklärt. Entsprechende Rollen wurden bisher den Knochen mit Periost, den Muskeln und Sehnen, der einzelnen Körperzelle, einem hypothetischen Vibrationsorgan und dem Hautdrucksinn zugeschrieben. Herr Prof. Dr. Schaltenbrand entwickelte in Zusammenarbeit mit der Fa. G. Siegel ein Gerät, das elektrische Vibrationen erzeugt, die unabhängig voneinander nach Frequenz

und Intensität moduliert werden können und das in einfachster Bedienung im klinischen Rahmen entsprechende Untersuchungen gestattet.

Die allgemeine Vibrationsempfindung steigt nach den durchgeführten Versuchen bei den Frequenzen von 18 Hz bis 350 Hz an, um bei höheren Frequenzen wieder abzufallen. Die besten Angaben wurden im I. und II. Schwingungskreis gemacht, also in den Frequenzen 18 - 50 Hz, die demnach für entsprechende Untersuchungen als am ehesten geeignet erscheinen.

An 6 gesunden Versuchspersonen wurden je 13 Punkte des Körpers hinsichtlich ihrer Schwellenwertsänderung nach Kälte- und Wärmeeinwirkungen untersucht, wobei die Abkühlung durch ein 10 Minuten langes Wasserbad von + 8° Celsius oder Auflegen eines Eisbeutels und die Erwärmung durch 10 Minuten langes Wasserbad von 35 - 38° Celsius oder Auflegen einer Wärmeflasche erfolgte. Jeder in der Tabelle eingetragene Punkt ist der Durchschnittswert von jeweils mindestens 24 Einzelmessungen; in dieser Übersicht wurden minimal 384 Ergebnisse gewertet.

Die tabellarische Übersicht mit der graphischen Darstellung der gefundenen Schwellenwerte des I. Schwingungskreises - bei Frequenzen von 18 - 50 Hz wurden von allen Versuchspersonen die zuverlässigsten Angaben gemacht - läßt in dem schraffierten Teil die nach der Peripherie des Körpers zunehmende temperaturabhängige Schwellenwertsdifferenz erkennen. Das Maximum fand sich an der Spitze des Zeigefingers. Es ist demnach eine direkte Korrelation zwischen der Vibrationsempfindung und der anatomischen Anzahl der sensiblen Perzeptionsorgane anzunehmen.

Der bei Abkühlung objektivierbare Anstieg der Vibrationsschwellenwerte bestätigt experimentell die von Prof. Dr. Schaltenbrand gemachte Erfahrung, daß das Vibrationsempfinden im Winter erheblich schlechter ist als im Sommer.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Schaltenbrand sei an dieser Stelle herzlichst gedankt für die freundliche Überlassung des Themas, des Gerätes und für die jederzeit bereitwillig gewährten Anregungen.

VII. Literaturverzeichnis

Coleman Warren: : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych. Bd. 94, S. 623 (1939)

Echlin, Francis A. : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych.
Fessard A. : Bd. 86, S. 364 (1937)

v. Frey : Arb. aus d.Physiolog.Inst.Würzburg. Bd. 27 (1928/29)

v. Frey : Zeitschr.f.Biologie, Bd. 85, S. 539 (1927)

Fröschel : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych. 30. Jg., S. 415

Goldscheider : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., 23. Jg., S. 513 (1904)

Kramer F. : Handb.d.Neurologie, Bd. III, S. 653 (1937)

Mendel K. : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., 32. Jg., S. 449 (1913)

Piéron H. : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., Bd. 90, S. 215 (1938)

Seiffer u. Rydel : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., 22. Jg., S. 1012 (1903)

Seiffer u. Rydel : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., 22. Jg., S. 329 (1903)

Stein u. v. Weizsäcker : Deutsch.Archiv f.klin.Med., Bd. 191, S. 230 (1926)

Treitel : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., 16. Jg., S. 695 (1897)

Weitz, J. : Zentr.Bl.f.d.ges.Neurol.u.Psych., Bd. 101, S. 22 (1941)

Hensel, H. : Ergebnisse der Physiologie, Bd. 47, S. 264, S. 267, S. 293, S. 294 (1952)

Lebenslauf

Am 6. Oktober 1918 wurde ich als Sohn des Postinspektors Fritz Nicolaus und seiner Ehefrau Bertha, geborene Wilczok in Loslau/Oberschlesien geboren.

Meine Eltern mußten infolge persönlicher Bedrohung durch Insurgenten nach Breslau flüchten, wo ich nach 4-jährigem Volksschulbesuch im Jahre 1937 an dem "Real-Gymnasium am Zwinger" das Abitur ablegte. Anschließend erfolgte halbjährige Arbeitsdienstzeit und Wehrdienst. Durch den militärischen Kriegsdienst und die anschließende Gefangenschaft mußte ich mein 1939 an der Universität Leipzig begonnenes und 1950 an der Universität Würzburg abgeschlossenes Medizinstudium insgesamt 6 Jahre unterbrechen. Das 1947 fortgesetzte Studium war durch schwierige wirtschaftliche Verhältnisse erschwert; meine Eltern lebten nach erneuter Flucht aus Breslau nur mit einem Existenzminimum in der Ostzone.

Ab Mai 1951 war ich als Pflichtassistent und Volontär an der Neurologischen Universitätsklinik Würzburg tätig. Seit April 1954 arbeite ich als Assistenzarzt an der Neurologischen und Neurochirurgischen Klinik in Hannover.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

RUDOLF BAEHR DRUCK- UND WERBETECHNIK
WÜRZBURG KOLOFFSTEINWEG 2